

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2002-101628

(43)Date of publication of application : 05.04.2002

(51)Int.Cl. H02K 21/16  
 H02K 1/06  
 H02K 1/16  
 H02K 1/22  
 H02K 1/27

(21)Application number : 2000-288070

(71)Applicant : HITACHI LTD

(22)Date of filing : 22.09.2000

(72)Inventor : KIMURA MAMORU  
 OHARAGI HARUO  
 MIKAMI HIROYUKI  
 TAKAHASHI MIYOSHI

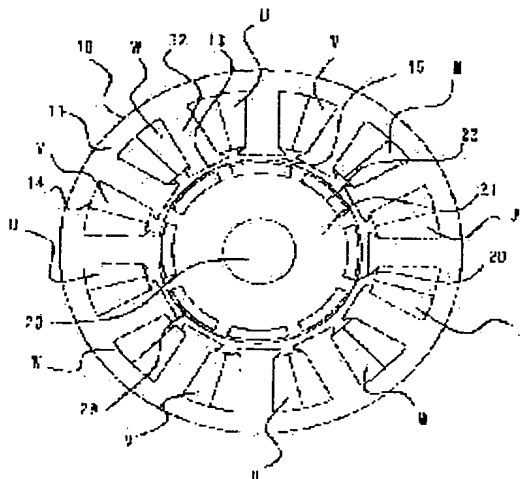
## (54) PERMANENT MAGNET ROTATING ELECTRIC MACHINE

## (57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To reduce a distortion factor in induced voltage waveform in a permanent magnet rotating electric machine.

SOLUTION: A stator 10 is constituted (a concentrated winding) by concentrically winding a stator winding U of the U phase, a stator winding V of the V phase and a stator winding W of the W phase in twelve slots 14 which are formed on the stator core 11 which approximately is a ring. A rotor 20 is constituted by connecting and fitting a rotor core 21 to a rotary shaft 23 and building arc shaped permanent magnets 22 in respective permanent magnet insertion holes 29 which are formed on the rotor core 21 by cutting out and inserting N-pole and S-pole alternately in the axial direction, and is disposed in a state having stator teeth tip parts 13 and gaps 15 inside the stator 10. Herein stator teeth 12 each form the shape of each stator tooth tip part 13 of which the side faces to the rotor 20 with a plane which makes a straight shape.

図1



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

10.11.2003

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision  
of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's  
decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2002-101628

(P 2 0 0 2 - 1 0 1 6 2 8 A)

(43) 公開日 平成14年4月5日 (2002. 4. 5)

(51) Int. Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	テーマコード (参考)
H02K 21/16		H02K 21/16	M 5H002
1/06		1/06	A 5H621
1/16		1/16	C 5H622
1/22		1/22	A
1/27	501	1/27	A
審査請求 未請求 請求項の数 4 O L (全 5 頁) 最終頁に続く			

(21) 出願番号 特願2000-288070 (P 2000-288070)

(22) 出願日 平成12年9月22日 (2000. 9. 22)

(71) 出願人 000005108

株式会社日立製作所

東京都千代田区神田駿河台四丁目6番地

(72) 発明者 木村 守

茨城県日立市大みか町七丁目1番1号 株

式会社日立製作所日立研究所内

(72) 発明者 小原木 春雄

茨城県日立市大みか町七丁目1番1号 株

式会社日立製作所日立研究所内

(74) 代理人 100099302

弁理士 笹岡 茂 (外1名)

最終頁に続く

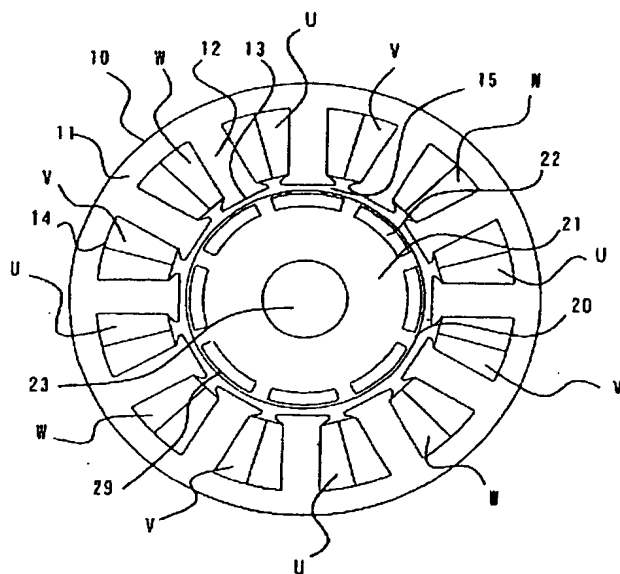
(54) 【発明の名称】 永久磁石式回転電機

(57) 【要約】

【課題】 永久磁石式回転電機において誘起電圧波形の歪み率を低減することにある。

【解決手段】 固定子10は、ほぼ環状をなす固定子鉄心11に形成された12個のスロット14に、U相の固定子巻線U及びV相の固定子巻線V並びにW相の固定子巻線Wを固定子ティース12に集中的に巻回して（集中巻）構成する。回転子20は、回転軸23に回転子鉄心21を接合固着し、この回転子鉄心21に形成された打抜の永久磁石挿入孔29に、アーク形状の永久磁石22を軸方向からN極とS極とが交互になるように挿入し、組込むことによって構成し、固定子10の内部に固定子ティース先端部13とギャップ15を有する状態で回転可能に配置する。ここで、固定子ティース12は、回転子20に面した側の固定子ティース先端部13の形状を直線形状となるような平面で形成する。

図1



## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】 固定子鉄心のティースに集中巻を施した固定子と、永久磁石を回転子鉄心の永久磁石挿入孔に埋め込んだ回転子とを備えた永久磁石式回転電機において、前記永久磁石をアーク形状とし、前記固定子鉄心の前記ティース先端部の前記回転子に面した側の形状を直線とすることを特徴とする永久磁石式回転電機。

【請求項 2】 請求項 1 において、磁石幅係数を  $C1$ 、回転子極ピッチを  $Pr$  [deg.] としたとき、前記永久磁石の幅  $Wm$  [deg.] を  $Wm = C1 \cdot Pr$  と表したならば、前記磁石幅係数  $C1$  が  $0.75 \leq C1 \leq 0.85$  となることを特徴とする永久磁石式回転電機。

【請求項 3】 請求項 1 において、固定子幅係数を  $C2$ 、固定子スロットピッチを  $Ps$  [deg.] としたとき、前記固定子ティース先端部の幅  $Wt$  [deg.] を  $Wt = C2 \cdot Ps$  と表したならば、前記固定子幅係数  $C2$  が  $0.75 \leq C2 \leq 0.85$  となることを特徴とする永久磁石式回転電機。

【請求項 4】 固定子鉄心のティースに集中巻を施した固定子と、永久磁石を回転子鉄心の永久磁石挿入孔に埋め込んだ回転子とを備えた永久磁石式回転電機において、前記永久磁石を直線形状とし、前記固定子鉄心の前記ティース先端部の前記回転子に面した側の形状を直線とすることを特徴とする永久磁石式回転電機。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、永久磁石式回転電機に係り、特に、誘起電圧波形の歪み率を低減する技術に関する。

## 【0002】

【従来の技術】 従来、永久磁石式回転電機のコギングトルクの低減を図ったものとして、特開平 10-126981 号公報には、固定子ティース形状をストレート状に形成することが記載されている。また、特開平 11-089197 号公報には、固定子ティース形状と回転子永久磁石形状について、ステータのティース端の厚さおよびステータとロータ間のエアギャップを所定の関係に規定することにより、減磁耐力を向上させることが記載されている。

## 【0003】

【発明が解決しようとする課題】 永久磁石式回転電機においては、その構造上磁束密度分布が正弦波状とならず磁束が脈動してしまう。そのため、特開平 10-126981 号公報では、固定子ティース形状をストレート状に形成することにより、コギングトルクの低減を図っている。ところが発電機として見た場合、コギングトルクより誘起電圧波形の歪み率が問題となる。ここで、誘起電圧波形の歪み率  $R$  [%] とは、誘起電圧波形をフーリエ級数展開し、 $N$  次周波数成分実効値を  $f(N)$  としたとき、次式で表される比率とする。

## 【数 1】

$$R = \frac{\sum_{i=2}^N f(i)}{f(1)} \times 100 \quad (1)$$

しかしながら、特開平 10-126981 号公報には誘起電圧波形の歪み率について言及されていない。また、特開平 11-089197 号公報 2 では、減磁耐力を向上させる特有の磁路の改善を目的としたものであり、誘起電圧波形の歪み率については言及されていない。

【0004】 本発明の課題は、上記事情に鑑み、永久磁石式回転電機において誘起電圧波形の歪み率を低減することにある。

## 【0005】

【課題を解決するための手段】 上記課題は、固定子鉄心のティースに集中巻を施した固定子と、永久磁石を回転子鉄心の永久磁石挿入孔に埋め込んだ回転子を備えた永久磁石式回転電機において、永久磁石をアーク形状とし、回転子側固定子ティース先端部の形状を直線とすることにより、解決される。この場合、磁石幅係数を  $C1$ 、回転子極ピッチを  $Pr$  [deg.] としたとき、永久磁石の幅  $Wm$  [deg.] を  $Wm = C1 \cdot Pr$  と表したならば、磁石幅係数  $C1$  を  $0.75 \leq C1 \leq 0.85$  と設定することが望ましい。また、固定子幅係数を  $C2$ 、固定子スロットピッチを  $Ps$  [deg.] としたとき、固定子ティース先端部の幅  $Wt$  [deg.] を  $Wt = C2 \cdot Ps$  と表したならば、固定子幅係数  $C2$  を  $0.75 \leq C2 \leq 0.85$  と設定することが望ましい。

## 【0006】

【発明の実施の形態】 以下、本発明の実施形態を図面を用いて説明する。図 1 は、本発明の一実施形態であり、三相 8 極 12 スロットの永久磁石式回転電機（軸方向断面）に適用した例を示す。図 1 において、固定子 10 は、ほぼ環状をなす固定子鉄心 11 に形成された 12 個のスロット 14 に、U 相の固定子巻線 U 及び V 相の固定子巻線 V 並びに W 相の固定子巻線 W を固定子ティース 12 に集中的に巻回して（集中巻）構成する。回転子 20 は、回転軸 23 に回転子鉄心 21 を接合固着し、この回転子鉄心 21 に形成された打抜の永久磁石挿入孔 29 に、アーク形状の永久磁石 22 を軸方向から N 極と S 極とが交互になるように 8 個挿入し、組込むことによって構成し、固定子 10 の内部に固定子ティース先端部 13 とギャップ 15 を有する状態で回転可能に配置する。

【0007】 図 2 は、本実施形態につき、固定子ティース 12 と回転子 20 を拡大して示す。固定子ティース 12 は、回転子 20 に面した側の固定子ティース先端部 13 の形状を回転軸 23 の中心 X と固定子ティース中心軸 27 の交点における接線 28 と平行な直線形状となるような平面で形成する。

【0008】 図 3 に、固定子ティース先端部 13 の形状を直線とした本実施形態の誘起電圧波形 31 と、比較例

1として固定子ティース先端部13の形状を直線としないもの(曲線形状)とした誘起電圧波形32を示す。その結果を用いて誘起電圧波形の歪み率Rを計算すると、誘起電圧波形31の歪み率は3.85%であり、誘起電圧波形32の歪み率は14.53%であるため、固定子ティース先端部13の形状を直線としたことにより歪み率を約1/4に低減できる。これは、本実施形態において、固定子ティース先端部13の形状を直線とすることにより、ギャップ15の長さが周方向で一様とならず、ギャップ15における磁束密度分布が正弦波状となるため、誘起電圧波形が正弦波状となり、誘起電圧波形の歪み率が低減されることになる。

【0009】また、図2において、永久磁石22の幅 $W_m$  [deg.]を磁石幅係数 $C_1$ と回転子極ピッチ $P_r$  [deg.]を用いて表すとき、 $W_m = C_1 \cdot P_r$ の関係式が成立し、このときの磁石幅係数 $C_1$ は $0.75 \leq C_1 \leq 0.85$ と設定している。ここで、回転子極ピッチ $P_r$  [deg.]は360 [deg.]を回転子極数で除算したものとす。本実施形態では、極数が8極であるので、 $P_r = 45$  [deg.]となる。また、固定子ティース先端部13の幅 $W_t$  [deg.]を固定子幅係数 $C_2$ と固定子スロットピッチ $P_s$  [deg.]を用いて表すとき、 $W_t = C_2 \cdot P_s$ の関係式が成立し、このときの固定子幅係数 $C_2$ は $0.75 \leq C_2 \leq 0.85$ と設定している。ここで、固定子スロットピッチ $P_s$  [deg.]は360 [deg.]を固定子スロット数で除算したものとす。本実施形態では、スロット数が12極であるので、 $P_r = 30$  [deg.]となる。

【0010】以下、図4を用いて、磁石幅係数 $C_1$ と固定子幅係数 $C_2$ の設定理由について説明する。図4に、磁石幅係数 $C_1$ と固定子幅係数 $C_2$ を各々変化させた場合の誘起電圧波形の歪み率Rの変化を示す。図4において、曲線41は磁石幅係数 $C_1$ を変化させたものを示し、曲線42は固定子幅係数 $C_2$ を変化させたものを示している。曲線41は、磁石幅係数 $C_1$ が0.85のとき、最小値2.12%を示し、誘起電圧波形32の歪み率 $R = 14.53\%$ より約1/7低減される。曲線42は、磁石幅係数 $C_2$ が0.75~0.80のとき、最小値2.0%を示し、誘起電圧波形32の歪み率 $R = 14.53\%$ より約1/7低減される。これら二つの範囲を満たすように各々の値を設定すると、磁石幅係数 $C_1$ は $0.75 \leq C_1 \leq 0.85$ と設定し、固定子幅係数 $C_2$ は $0.75 \leq C_2 \leq 0.85$ と設定することにより、誘起電圧波形の歪み率を大幅に低減できる。

【0011】図5は、本発明の他の実施形態であり、直線形状の永久磁石を使用した三相8極12スロットの永久磁石式回転電機(軸方向断面)に適用した例を示す。図5において図1と同一物には同一符号を付したので、説明を割愛する。本実施形態が図1の実施形態と異なるところは、回転子鉄心21に形成された打抜の永久磁石挿入孔51に直線形状の永久磁石52を軸方向からN極とS極とが交互になるように8個挿入し、組み込むことによって構成することにある。

【0012】図6に、本実施形態の誘起電圧波形61と、比較例2として固定子ティース先端部13の形状を直線としないもの(曲線形状)とした誘起電圧波形62を示す。その結果を用いて誘起電圧波形の歪み率Rを計算すると、誘起電圧波形61の歪み率は9.08%であり、誘起電圧波形62の歪み率は16.92%であるため、固定子ティース先端部13の形状を直線としたことにより、歪み率を約1/2に低減できる。これは、本実施形態において、固定子ティース先端部13の形状を直線とすることにより、ギャップ15の長さが周方向で一様とならず、ギャップ55における磁束密度分布が正弦波状となるため、誘起電圧波形が正弦波状となり、誘起電圧波形の歪み率が低減されることになる。

【0013】

【発明の効果】以上説明したように、本発明によれば、回転子に面した側の固定子ティース先端部の形状を直線とすることにより、誘起電圧波形の歪み率を大幅に低減することができ、永久磁石式回転電機の特性を著しく向上させることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の一実施形態であり、三相8極12スロットの永久磁石式回転電機(軸方向断面)に適用した例を示す図

【図2】図1の部分拡大図

【図3】本発明の一実施形態の効果を説明する図

【図4】本発明の一実施形態において磁石幅及び固定子ティース先端部の幅を変化させた効果を説明する図

【図5】本発明の他の実施形態

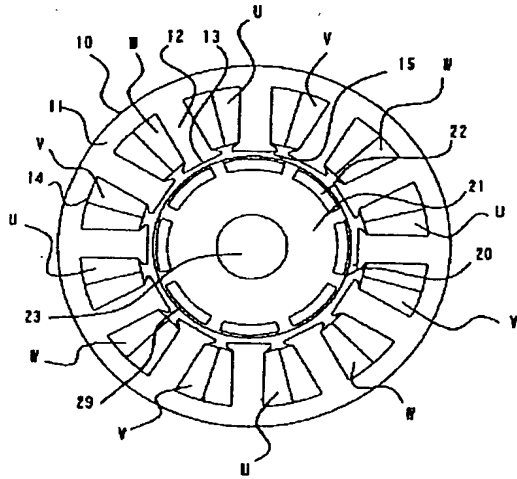
【図6】本発明の他の実施形態の効果を説明する図

【符号の説明】

10…固定子、11…固定子鉄心、12…固定子ティース、13…固定子ティース先端部、14…スロット、15…ギャップ、20…回転子、21…回転子鉄心、22…永久磁石、23…回転軸、29…永久磁石挿入孔、51…永久磁石挿入孔、52…永久磁石

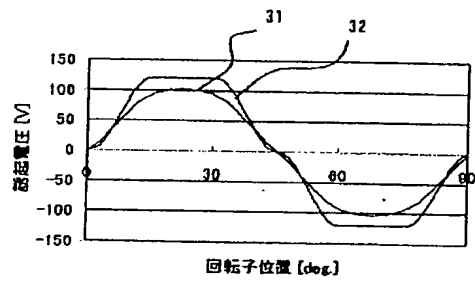
【図1】

図1



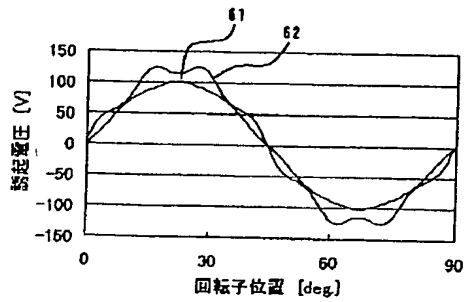
【図3】

図3



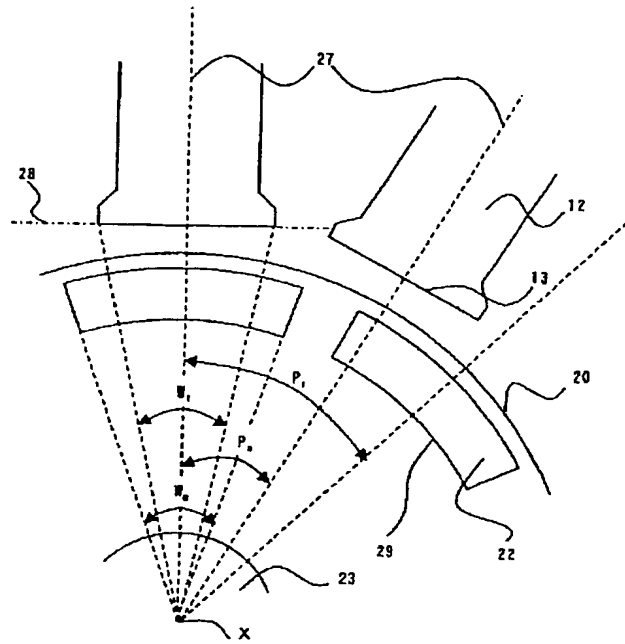
【図6】

図6



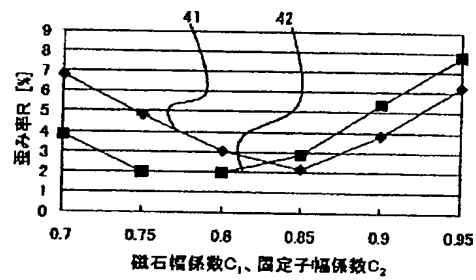
【図2】

図2



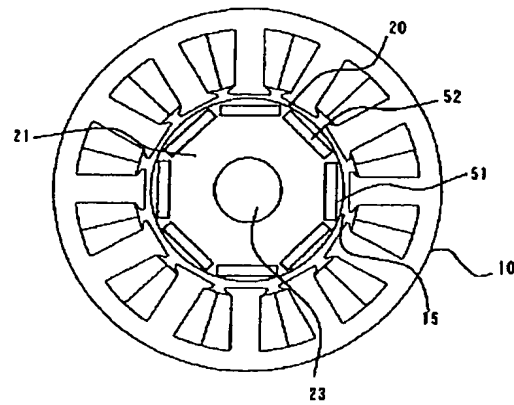
【図4】

図4



【図 5】

図 5



フロントページの続き

(51) Int. Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	テーマコード (参考)
H 0 2 K 1/27	5 0 1	H 0 2 K 1/27	5 0 1 K
			5 0 1 M
(72) 発明者 三上 浩幸	茨城県日立市大みか町七丁目 1 番 1 号 株 式会社日立製作所日立研究所内	F ターム (参考)	5H002 AA04 AE07 AE08
(72) 発明者 高橋 身佳			5H621 AA02 BB10 GA01 GA04 GA12 GA16 HH01 JK02 JK05
茨城県日立市大みか町七丁目 1 番 1 号 株 式会社日立製作所日立研究所内			5H622 AA02 AA03 CA02 CA07 CA14 CB05 CB06 PP11 QB04